

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06217090 A**

(43) Date of publication of application: **05.08.94**

(51) Int. Cl.

H04N 1/04

H04N 1/40

(21) Application number: **05024820**

(22) Date of filing: **20.01.93**

(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(72) Inventor:
MATSUYAMA TAKASHI
WADA TOSHIKAZU
UGAI TAKESHI
HASHIGUCHI KOREHITO

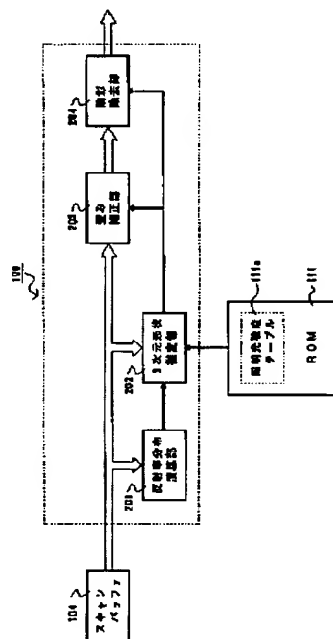
(54) **METHOD FOR CORRECTING PICTURE DATA
AND PICTURE READER**

(57) Abstract:

PURPOSE: To perform correcting processing against the influence of three- dimensional information included in picture data.

CONSTITUTION: A picture correcting section 106 is provided with a reflection rate distribution arithmetic section 201 obtaining the reflection rate distribution of a document surface based on the maximum luminance value at every line of picture data, a three-dimensional shape estimation section 202 estimating the three-dimensional shape of the document with the use of the reflection rate distribution obtained by the section 201 and the intensity of illumination with an illumination light intensity table 111a stored, a distortion correcting section 203 correcting the geometrical distortion of picture data caused by the inclination of the document surface based on the 3-dimensional shape estimated by the section 202, and shade eliminating section 204 eliminating the shade of the picture data caused by the inclination of the document surface based on the three-dimensional shape estimated by the section 202.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-217090

(43)公開日 平成6年(1994)8月5日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 4 N 1/04
1/40

識別記号

1 0 6 A

庁内整理番号

7251-5C

G 9068-5C

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平5-24820

(22)出願日 平成5年(1993)1月20日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 松山 隆司

岡山県岡山市津島中3-1-1

(72)発明者 和田 俊和

岡山県岡山市津島中3-1-1

(72)発明者 鶴養 剛

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 橋口 維人

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

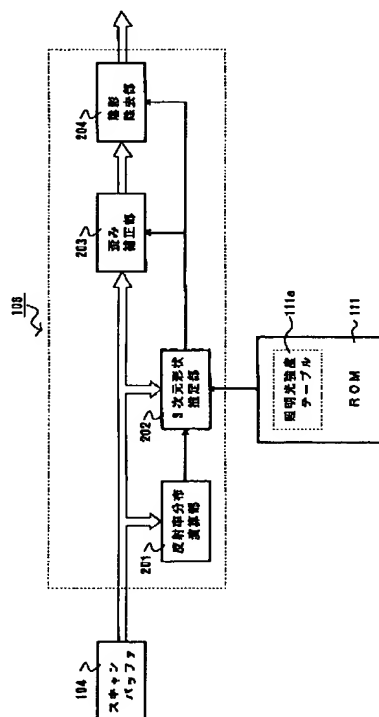
(74)代理人 弁理士 酒井 宏明

(54)【発明の名称】 画像データの補正方法および画像読取装置

(57)【要約】

【目的】 画像データ中に含まれる3次元の情報の影響に対して補正処理を行えるようにする。

【構成】 画像補正部106は、画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算部201と、反射率分布演算部201で求めた反射率分布および照明光強度テーブル111aも記憶されている照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定部202と、3次元形状推定部202で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する歪み補正部203と、3次元形状推定部202で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する陰影除去部204とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法において、前記画像データから原稿の3次元形状を推定し、推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる幾何学的な歪みを補正することを特徴とする画像データの補正方法。

【請求項2】 走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法において、前記画像データから原稿の3次元形状を推定し、推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる陰影を除去することを特徴とする画像データの補正方法。

【請求項3】 走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法において、前記画像データから原稿の3次元形状を推定し、推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる幾何学的な歪みの補正および陰影の除去を行うことを特徴とする画像データの補正方法。

【請求項4】 走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取る画像読取装置において、前記画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算手段と、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数として求められた照明光強度を記憶した記憶手段と、前記反射率分布演算手段で求めた反射率分布および記憶手段の照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定手段と、前記3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する歪み補正手段とを備えたことを特徴とする画像読取装置。

【請求項5】 走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取る画

$$I_v = \rho I_s (d) f(\phi)$$

$$f(\phi) = \sigma \cos \phi + (1 - \sigma) \cos^2 \delta$$

ただし、 I_v : 測定した画像データ
 ρ : 原稿面の反射率
 $I_s (d)$: 走査面と原稿面との間の距離の関数で表した照明光強度
 ϕ : 原稿面の法線と光源方向のなす角
 σ : 完全拡散反射成分と正反射成分の割合
 δ : 正反射光の方向と視線の方向がなす角

原稿面の法線と光源方向のなす角から原稿面の法線ベクトル（3次元形状）を求めることを特徴とする請求項4、5または6記載の画像読取装置。

【請求項8】 前記歪み補正手段は、原稿面の傾きを θ 、読み取った画像データの1画素分の長さを α とすると、

$\beta = \alpha \times 1 / \cos \theta$ （但し、 β : 補正後データ）
 の式に基づいて歪みの補正を行うことを特徴とする請求項4、6または7記載の画像読取装置。

* 像読取装置において、前記画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算手段と、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数として求められた照明光強度を記憶した記憶手段と、前記反射率分布演算手段で求めた反射率分布および記憶手段の照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定手段と、前記3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する陰影除去手段とを備えたことを特徴とする画像読取装置。

【請求項6】 走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取る画像読取装置において、前記画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算手段と、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数として求められた照明光強度を記憶した記憶手段と、前記反射率分布演算手段で求めた反射率分布および記憶手段の照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定手段と、前記3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する歪み補正手段と、前記3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する陰影除去手段とを備えたことを特徴とする画像読取装置。

【請求項7】 前記3次元形状推定手段は、前記反射率分布演算手段で求めた反射率分布に基づいて、原稿面と走査面との距離を算出し、算出した距離を用いて走査面と原稿面との間の距離の関数である照明光強度を特定し、次式に基づいて、原稿面の法線と光源方向のなす角を求め、

【数1】

※【請求項9】 前記陰影除去手段は、各ラインにおける最大輝度値に対するそのラインの各画素の輝度値の比に、原稿面の傾きが0度の時の地肌部分の輝度値を乗じることで、陰影を除去することを特徴とする請求項5、6または7記載の画像読取装置。

【請求項10】 前記陰影除去手段は、原稿面の傾きが所定値以上の範囲に存在する画素の画像データを地肌レベルに設定することを特徴とする請求項5、6または7記載の画像読取装置。

【請求項 1 1】 前記歪み補正手段あるいは／および陰影除去手段は、原稿がブック原稿である場合にのみ、画像データの補正を行うことを特徴とする請求項 4、5、6、7 または 1 0 記載の画像読取装置。

【請求項 1 2】 前記反射率分布演算手段は、プレスキャン時に画像データを取り込み、原稿面の反射率分布を求めることを特徴とする請求項 4、5、6、または 7 記載の画像読取装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】 本発明は、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法、および、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取る画像読取装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 イメージスキャナ等の画像読取装置では、コンタクトガラス（走査面）上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取っている。画像読取装置で読み取る原稿としては、シート原稿とブック原稿の 2 種類がある。シート原稿は原稿が 1 枚の紙であるので、原稿面が平坦であり、コンタクトガラス面に密着して載置することができる。従って、原稿面と光源との距離が一定であり、光源から所定の照明光強度の光が原稿面に照射され、画像データの読み取りが良好に行える。一方、ブック原稿の読み取りを行う場合には、図 1 4 に示すように、ブック原稿の綴じめの部分で原稿面がコンタクトガラス（走査面）から浮き上がって傾いてしまい、原稿面と光源との距離が一定でなくなるので、照明光強度が変化し綴じめ付近の原稿画像が読み取れないという不具合があった。具体的には、ブック原稿の綴じめ付近の原稿面がコンタクトガラスに対して傾いた状態となって、読み取った画像データが歪んだり、光源の照明光強度が不足して読み取った画像データに陰影がでる。

【0 0 0 3】 このため、綴じめ付近の原稿画像をより良い状態で読み取るために、ブック原稿をコンタクトガラスに押しつけて、出来る限り原稿面を平坦にして読み取りを行うようにしているが、ブック原稿を破損する恐れがあり、また、ブック原稿をコンタクトガラスに押しつけても、綴じめ付近を完全に平坦にすることができないため、どうしてもその部分に陰影ができ、読み取った画像データをプロッタ等で出力した場合に、真黒になり、体裁が悪いという不都合があった。

【0 0 0 4】 従って、ブック原稿の綴じめ付近の原稿画像を良好に読み取る方法および画像読取装置の開発が望まれている。

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の画像データの補正方法および画像読取装置によれば、原

稿面の傾きによって、ブック原稿の綴じめ付近を読み取った画像データに幾何学的な歪みや、陰影が生じることが分かっているため、画像データを 2 次元の輝度データとして読み取っているため、画像データ中に含まれる 3 次元の情報の影響に対して補正処理を行うことができないという問題点があった。

【0 0 0 6】 本発明は上記に鑑みてなされたものであって、画像データ中に含まれる 3 次元の情報の影響に対して補正処理を行えるようにすることを目的とする。

10 【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記の目的を達成するために、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法において、画像データから原稿の 3 次元形状を推定し、推定した 3 次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる幾何学的な歪みを補正する画像データの補正方法を提供するものである。

【0 0 0 8】 また、本発明は上記の目的を達成するために、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法において、画像データから原稿の 3 次元形状を推定し、推定した 3 次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる陰影を除去する画像データの補正方法を提供するものである。

【0 0 0 9】 また、本発明は上記の目的を達成するために、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して得た画像データの補正方法において、画像データから原稿の 3 次元形状を推定し、推定した 3 次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる幾何学的な歪みの補正および陰影の除去を行う画像データの補正方法を提供するものである。

【0 0 1 0】 また、本発明は上記の目的を達成するために、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取る画像読取装置において、画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算手段と、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数として求められた照明光強度を記憶した記憶手段と、反射率分布演算手段で求めた反射率分布および記憶手段の照明光強度を用いて、原稿の 3 次元形状を推定する 3 次元形状推定手段と、3 次元形状推定手段で推定した 3 次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する歪み補正手段とを備えた画像読取装置を提供するものである。

【0 0 1 1】 また、本発明は上記の目的を達成するために、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光電変換して画像データを読み取る画像読取装置において、画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算手段と、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数とし

て求められた照明光強度を記憶した記憶手段と、反射率分布演算手段で求めた反射率分布および記憶手段の照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定手段と、3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する陰影除去手段とを備えた画像読取装置を提供するものである。

【0012】また、本発明は上記の目的を達成するために、走査面上に載置された原稿に光を照射し、その反射光を光电変換して画像データを読み取る画像読取装置において、画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算手段と、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数として求められた照明光強度を記憶した記憶手段と、反射率分布演算手段で求めた反射率分布および記憶手段の照明 *

$$I_v = \rho I_s (d) f(\phi)$$

$$f(\phi) = \sigma \cos \phi + (1 - \sigma) \cos^n \delta$$

ただし、 I_v : 測定した画像データ
 ρ : 原稿面の反射率
 $I_s (d)$: 走査面と原稿面との間の距離の関数で表した照明光強度
 ϕ : 原稿面の法線と光源方向のなす角
 σ : 完全拡散反射成分と正反射成分の割合
 δ : 正反射光の方向と視線の方向がなす角

原稿面の法線と光源方向のなす角から原稿面の法線ベクトル(3次元形状)を求めることが望ましい。

【0015】また、前述した歪み補正手段は、原稿面の傾きを θ 、読み取った画像データの1画素分の長さを α とすると、

$$\beta = \alpha \times 1 / \cos \theta \quad (\text{但し、}\beta : \text{補正後データ})$$

の式に基づいて歪みの補正を行うことが望ましい。

【0016】また、前述した陰影除去手段は、各ラインにおける最大輝度値に対するそのラインの各画素の輝度値の比に、原稿面の傾きが0度の時の地肌部分の輝度値を乗じることで、陰影を除去することが望ましい。

【0017】また、前述した陰影除去手段は、原稿面の傾きが所定値以上の範囲に存在する画素の画像データを地肌レベルに設定することが望ましい。

【0018】また、前述した歪み補正手段あるいは／および陰影除去手段は、原稿がブック原稿である場合にのみ、画像データの補正を行うことが望ましい。

【0019】また、前述した反射率分布演算手段は、プレスキャン時に画像データを取り込み、原稿面の反射率分布を求めることが望ましい。

【0020】

【作用】本発明の画像データの補正方法および画像読取装置は、画像データから原稿の3次元形状を推定し、推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる幾何学的な歪みを補正する。また、推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる陰影を除去する。

* 光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定手段と、3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する歪み補正手段と、3次元形状推定手段で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する陰影除去手段とを備えた画像読取装置を提供するものである。

【0013】なお、前述した3次元形状推定手段は、反射率分布演算手段で求めた反射率分布に基づいて、原稿面と走査面との距離を算出し、算出した距離を用いて走査面と原稿面との間の距離の関数である照明光強度を特定し、次式に基づいて、原稿面の法線と光源方向のなす角を求め、

【0014】

【数2】

※【0021】

【実施例】以下、本発明の画像データの補正方法および画像読取装置をイメージスキャナに適用した場合を一実施例とし、

スキャナの構成

3次元形状推定方法の概要

30 スキャナの光源方向および照明光強度の定義

ブック原稿の断面形状の定義

反射特性の定義

本実施例における3次元形状推定アルゴリズム

照明光強度の分布の決定および反射特性の決定

本実施例の動作

の順序で図面を参照して詳細に説明する。

【0022】スキャナの構成

図1は、本実施例のスキャナの構成を示し、原稿に照射された光の反射光を入力して電気信号に変換することにより画像データを読み取るCCD(固体撮像素子)101と、CCD101を駆動するCCD駆動部102と、CCD101で読み取った画像データを入力し、各種画像処理を実行する画像処理部103と、画像処理を施した画像データを記憶するスキャンバッファ104と、スキャンバッファ104に対する画像データの入出力制御を行うバッファコントローラ105と、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みおよび陰影の補正を行う画像補正部106と、画像データをホストコンピュータ等の外部装置へ出力するためのI/F(インターフェイス)コントローラ107と、装置全体の制

御を行うCPU108と、CPU108で実行する制御プログラムおよび各種データを記憶したROM109と、ワークエリアとして使用するRAM110と、原稿を露光するための光源である蛍光灯112と、蛍光灯112を駆動する蛍光灯ドライバ111と、走行体（図示せず）を移動させるステッピングモータ114と、ステッピングモータ114を駆動するモータドライバ113と、各種オペレーションを行うための操作部115とを備えている。なお、ROM111には、あらかじめ走査面と原稿面との間の距離の関数として求められた照明光強度が照明光強度テーブル111a（図2参照）として記憶されている。

【0023】図2は、画像補正部106の構成を示す。画像補正部106は、画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める反射率分布演算部201と、反射率分布演算部201で求めた反射率分布および照明光強度テーブル111aの照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する3次元形状推定部202と、3次元形状推定部202で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する歪み補正部203と、3次元形状推定部202で推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する陰影除去部204とから構成されている。

【0024】図3(a)、(b)は、スキャナの光学系の構成を示す。図において、301、302は蛍光灯112から原稿へ照射された光の反射光をCCD101へ導くためのミラーおよびレンズを示す。また、303は平坦な走査面（スキャナ面）を示し、具体的にはコンタクトガラス（図示せず）の原稿面と密着する面である。 * 30

$$I_v = I_s \rho \cos \phi$$

ただし、 I_v : 測定した画像データ
 I_s : 原稿面における照明光強度
 ρ : 原稿面の反射率
 ϕ : 原稿面の法線と光源方向のなす角

【0030】式(1)に基づいて、物体の3次元形状を復元する問題は、次の2つの部分問題に分解される。

問題1 観測された I_v から ϕ を求める

問題2 ϕ から物体表面の法線ベクトルを求める

【0031】問題1を解くためには、 I_s と ρ の値を与えなければならないが、これらのパラメータは一般には未知である。そこで多くの場合、照明光の強度および物体表面の反射率を一定であると仮定して、 ϕ を求めている。

【0032】また、問題2も同様に、何らかの制約や仮定を与えなければ解くことができない問題である。このため、従来は、問題2における条件数の不足を補う方法として、異なる方向からの照明光のもとで撮影された複数枚の画像から物体の形状を復元する『照度差ステレ

※50

* 【0025】本実施例では、図示の如く、直交座標系を定義する。 y 軸はCCD101の移動方向と平行に、 x 軸はCCD101と平行に、そして、 z 軸は走査面303と直交するように配置されている。また、 x 、 y 軸は共に走査面303に含まれている。

【0026】ミラー301は、前述したように原稿からの反射光をCCD101に導くために使用される。 $x-y$ 平面と垂直面Vとの光線を走査線Sと呼ぶ。蛍光灯112とミラー301は、レンズ302およびCCD101と一定の距離を保ったまま、 $x-y$ 平面の下部を移動しながら原稿を走査する。

【0027】CCD101は、走査線S上で1次元の画像列 $I(x)$ を撮影する。CCD101を移動させながら撮影した1次元画像 $I(x)$ の系列を並べることによって、2次元の画像 $I(x, y)$ が得られる。1次元画像は透視変換によって投影された画像となるが、CCD101の移動方向に沿った投影は、平行投影と等価となる。

【0028】3次元形状推定方法の概要

次に、本実施例の具体的な動作の説明に先立って、3次元形状推定方法の概要について説明する。3次元物体を撮影した2次元の画像から元の物体形状を復元する問題は、コンピュータ・ビジョンにおける基本的な問題の一つである。特に、画像の濃度情報から、物体の3次元形状を復元する問題は、Shape from Shadingと呼ばれ、コンピュータ・ビジョンにおいて古くからの研究対象となっている。

【0029】物体表面が完全拡散面である場合、Shape from Shadingは次式のように定式化される。

【数3】

式(1)

※ス法』(R. J. Woodham, "Photometric method for determining surface orientation from multiple image", Optical Engineering, 19, 1, 1977)や、物体形状に関して、滑らかさや断面形状一定などの仮定を導入する方法等が知られている。

【0033】前述した問題1、2の性質から分かるように、一般的なShape from Shading問題は条件数が不足しており、それを補うために新たな仮定を導入しなければ、問題を解くことができない。この観点から見ると従来のShape from Shadingに関する研究のほとんどは、仮定を導入することによって一般的な問題を特殊化し、その解を求めるという枠組みの中でとらえることができ

る。

【0034】ここで問題となるのは、特殊化された可解な問題が、実用的な場面では適用不可能な仮定を含んでいたり、その問題を解くこと自体に実用的な意義が見出せない場合が、しばしばあるということである。このため、本実施例のようにブック原稿の表面をスキャナによって撮影し、得られた画像からブック原稿の3次元形状を復元（推定）する場合に、そのまま適用できる方法はなかった。

【0035】本実施例のスキャナは、前述したように移動する1次元CCD101によって撮影された1次元画像系列から2次元画像を構成するものである。スキャナに内蔵された蛍光灯112はCCD101に対する相対的位置を保ったまま移動し、ブック原稿表面を照らす。ブック原稿は綴じめ部分の中央線が、CCD101に対して平行になるように配置されているものとする。本実施例で取り扱う問題に適用可能な仮定としては、以下のようなものがある。

【0036】仮定1：綴じめに直交するブック原稿の断面形状は一定である。

仮定2：ブック原稿表面は、反射率一定の明るい紙の上に、それよりも反射率の低いインクで印刷された紙面である。

【0037】上記の仮定1は、ブック原稿をスキャナ上に載置する際に、その載置方向を考慮することで容易に成り立つ。また、仮定2は、一般的なブック原稿の紙面に容易に適用可能である。

【0038】仮定1から、光源方向とブック原稿表面の法線のなす各 ϕ が求まれば、ブック原稿表面の法線が一意に求められることが保証される。また、この仮定から各1次元画像はブック原稿表面上の傾き一定の部分を撮影したものであると言える。

【0039】仮定2から、各1次元画像内の最大の明度を持つ画素を求めることによって、一定の反射率 ρ を持つ背景紙からの反射光強度が容易に求められる。この強度分布を用いれば、ブック原稿表面に対して一定の反射率を持つ物体と同様の扱いが可能となる。

$$I_v = \rho I_s(d) f(\phi) \quad *$$

$$f(\phi) = \sigma \cos \phi + (1 - \sigma) \cos^n \delta$$

式(2)

式(3)

ただし、 I_v ：測定した画像データ

ρ ：原稿面の反射率

$I_s(d)$ ：走査面と原稿面との間の距離の関数で表した照明光強度

ϕ ：原稿面の法線と光源方向のなす角

σ ：完全拡散反射成分と正反射成分の割合

δ ：正反射光の方向と視線の方向がなす角

【0046】このモデルを用いることによって、ブック原稿表面の反射特性を数少ないパラメータで表現することができる。

【0047】スキャナの光源方向および照明光強度の定義

*【0040】これらの仮定1、2は、ブック原稿表面の3次元形状を求める問題を容易にするが、これだけでは ϕ は決定できず、式(1)から明らかなようにブック原稿表面に照射される照明光強度 I_s を与える必要が生じる。

【0041】蛍光灯112から照射される光は走査面303に接した物体を最も強く照らし、それ以外の部分には十分な照明が行われないように絞込まれているので、ブック原稿表面が走査面303から離れるにしたがってブック原稿表面に照射される照明光強度は弱くなる。そこで、照明光強度を走査面303とブック原稿表面の間の距離 d の関数 $I_s(d)$ として表す。ここで3番目の仮定として、仮定3を導入する。この仮定は $I_s(d)$ を予め計測しておくことを意味する。

【0042】仮定3：照明光強度 $I_s(d)$ はスキャナ固有の特性としてあらかじめ与えられている。

【0043】以上の3つの仮定から、距離 d が求められれば、 $I_s(d)$ の値が決まり、式(1)から ϕ が求められることになる。逆に、距離 d は ϕ から求められる法線ベクトルの角の正接を積分することによって得られる。すなわち、ブック原稿表面のある点の傾きを求めるには、ブック原稿表面と走査面303が接している部分から、その点までのブック原稿表面の傾き系列が全て求められている必要がある。

【0044】ブック原稿表面上の各点の傾きを一度に求めるには大規模な最適化の計算が必要であり、また、逐次的に面の傾きを求めていく場合には適切な方法で計算を行わないと、誤差の蓄積によって正しい解が得られなくなる可能性がある。この問題は本発明の目的を達成するために、克服すべき技術的課題である。このため、本実施例では、更に以下の2点を考慮し、式(1)の代わりに式(2)、式(3)に示す、物体表面での完全拡散成分と正反射成分の両方を同時に表現できるPhongの反射モデルを採用する。

【0045】

【数4】

※本実施例の光源である蛍光灯112は、図4に示すように、走査線と $y-z$ 平面の交点を S_0 とすると、 $y-V$ 平面内において S_0 から $(-d_1, -d_2)$ の位置に中心を持つ半径 r の細長い円筒形をなしている。この蛍光灯112の周囲には光を遮断する膜112agaあり、

膜のない部分から光が照射されるようになっている。すなわち、蛍光灯112の中心とS。を結ぶ方向に最も強い照明光があてられるように照明光の方向が制限されている。光が照射される部分（スリットと呼ぶ）は、角度 ω_1 から ω_2 （ $\omega_1 < \omega_2$ ）の範囲である。

【0048】照明光が特定の方向に対して強く照射されるように設定されているため、走査面とブック原稿表面の間に隙間がある場合、ブック原稿表面での照明光の強度走査面からブック原稿表面までの距離dに応じて変化 *

$$\phi(d) = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{\tau \sin \omega_1 - d_2 - d}{\cos \omega_1 - d_1} \right) + \arctan \left(\frac{\tau \sin \omega_2 - d_2 - d}{\tau \cos \omega_2 - d_1} \right) \right] \quad \text{式(4)}$$

【0051】次に、照明光強度の定義について説明する。一般に、無限長の線光源からの照明光強度はブック原稿表面までの距離に反比例する。したがって、図4に示される蛍光灯112のスリット上に線光源が配置されていると考えれば、ブック原稿表面上の照明光強度を計算することができる。しかし、実際にはスキャナに内蔵された光源の長さが有限であることや、背景からの環境 ※

$$I_s(d) = \frac{\alpha}{(d - \Delta_1)^2} + \frac{\beta}{(d - \Delta_2)} + \gamma \quad \text{式(5)}$$

【0053】ブック原稿の断面形状の定義
図5に示すように、走査面上のブック原稿は、綴じめの中央が、x軸の真上に来るように配置されているとする。ブック原稿がこのように配置された場合、前述の仮定1から走査面とブック原稿表面の位置関係はx軸方向には一定となるので、ブック原稿表面の3次元形状復元問題は、y-z平面上の2次元形状の推定問題として扱うことができる。

$$d(y) \big|_{y \geq y_0} = 0, \quad \theta(y) \big|_{y \geq y_0} = 0 \quad \text{式(6)}$$

$0 \leq y < y_0$ における距離d(y)は、次の式(7)のように表される。

$$d(y) = \int_y^{y_0} \tan \theta(\xi) d\xi \quad \text{式(7)}$$

【0057】なお、図5において、(302)および(101)は、レンズ302およびCCD101が垂直面Vと同一直線上に存在すると仮定した場合の位置を示す。

【0058】反射特性の定義

前述したように、ブック原稿表面の反射特性として本実 ◆

$$I_v = \rho I_s(d) f(\phi) \quad \text{式(2)}$$

$$f(\phi) = \sigma \cos \phi + (1 - \sigma) \cos^{\delta} \phi \quad \text{式(3)}$$

【0060】ここで、 σ は完全拡散反射成分と正反射成

*する。

【0049】また、図4から明らかなように、ブック原稿表面から見たときの光源の方向 ϕ も距離dによって変化する。本実施例では、『ブック原稿表面上の点からスリットの両端を結ぶ角の二等分線』を光源方向と定義する。このとき、高さdに応じて変化する光源方向 $\phi(d)$ は、式(4)のように表される。

【0050】

【数5】

※光成分もあることを考慮して、本実施例では、ブック原稿表面上の照明光強度 $I_s(d)$ を式(5)で表すものとした。ただし、 $\alpha, \beta, \gamma, \Delta_1, \Delta_2$ は照明光の特性を決めるパラメータである。

【0052】

【数6】

★【0054】y軸に沿って見ると $y = y_0$ の地点でブック原稿表面が走査面と接触する。したがって、点yにおけるブック原稿表面の法線とz軸のなす角を $\theta(y)$ 、走査面とブック原稿表面の間の距離をd(y)とすると、 $y \geq y_0$ において、式(6)の関係が保たれる。

【0055】

【数7】

☆【0056】

☆【数8】

◆施例では、次式(2)、式(3)で示されるように、完全拡散反射成分および正反射成分を同時に表現することができるPhongのモデルを採用した。

【0059】

【数9】

分の割合を表し、 $0 \leq \sigma \leq 1$ であり、 δ は正反射光の方

向と視線の方向がなす角である。また、 n は正反射成分の“鋭さ”を示すものであり、1～200までの値をとることが知られている。

【0061】図5で示めされる本実施例のブック原稿の設置状態の場合、

$$f(\phi, d) = \sigma \cos(\phi(d) - \theta) + (1 - \sigma) \cos^2 \theta - \phi(d)$$

式(8)

【0063】本実施例における3次元形状推定アルゴリズム

式(2)および仮定2から、本実施例における光学モデ

$$I\omega(y) = \rho\omega \cdot I_s(d(y)) \cdot f(\theta(y), d(y)) \quad \text{式(9)}$$

【0064】ここで、 $I\omega(y)$ 、 $\rho\omega$ はそれぞれブック原稿表面上の反射率の大きい地の部分の観測光の強度

$$I\omega(y) = \max I(x, y), \quad \rho\omega = d(y) |_{y \geq y_0} / I_s(0)$$

式(10)

【0065】式(9)を離散的に表現すると、式

(5)、(8)より式(11)で表される。

$$I\omega(y_i) = \rho\omega \cdot I_s(d(y_i)) \cdot f(\theta(y_i), d(y_i))$$

$$= \rho\omega \cdot \left\{ \frac{\alpha}{(d(y_i) - \Delta_1)^2} + \frac{\beta}{d(y_i) - \Delta_2} + \gamma \right\}$$

$$\cdot \{ \sigma \cos(\phi(d(y_i)) - \theta(y_i))$$

$$+ (1 - \sigma) \cos(2\theta(y_i) - \phi(d(y_i))) \} \quad \text{式(11)}$$

【0066】ここで、 $y_0 > y_1 > \dots > y_i$ である。ただし、 $d(y_i)$ は式(7)を離散化して、式(12)

$$d(y_i) = \sum_{j=0}^i \tan \theta(y_j) = d(y_{i-1}) + \tan \theta(y_i)$$

式(12)

【0067】式(11)、式(12)をもとに、 $\theta(y_i)$ を求める手法としては、以下の2種類が考えられる。

【0068】手法1……式(11)、式(12)の光学

$$G(\theta(y_i)) = \left\{ I\omega(y_i) - \rho\omega I_s(d(y_i)) \cdot f(\theta(y_i), d(y_i)) \right\}^2$$

式(13)

【0069】手法2……さらに、正確な推定を行う手法として、次のような評価関数 H を最小化する $\theta(y_i)$

$$H(\theta(y_0), \theta(y_1), \dots, \theta(y_n)) = \sum_{k=0}^n G(\theta(y_k)) \quad \text{式(14)}$$

【0070】手法1は、逐次的に各 $\theta(y_i)$ を計算する方法である。この手法では、各 y_i における計算結果は、それまでの y_0, y_1, \dots, y_{i-1} での結果に依存

$$\phi = \phi(d) - \theta, \quad \delta = 2\theta - \phi(d)$$

であるので、式(3)で示した反射特性は、次の式(8)のように書き直される。

【0062】

【数10】

※ルは次の式(9)のように表される。

10 【数11】

★と反射率を表し、次の式(10)のように求められる。

【数12】

☆【数13】

☆

◆で表される。

◆30 【数14】

モデルから計算される観測光強度と、実測値との二乗誤差関数 $G(\theta(y_i))$ を最小化することにより、 $\theta(y_i)$ を計算する。式(13)で示す。

【数15】

の系列全体を一度に計算する。式(14)で示す。

【数16】

するため、計算が進むにつれ、求められた解に含まれる誤差が大きくなることが考えられる。

50 【0071】一方、手法2では、多次元の非線形最低化

アルゴリズムを用いることになるが、この場合、各 θ (y_i) を求めるには、事前に最適な初期値を設定する必要がある。また、 $0 \leq y_i \leq y_m$ の全域に対して手法2を適用すると、計算コストが膨大になるという問題点がある。

【0072】したがって、本実施例では、上記2種類の手法の特徴を考慮した以下の(ア)～(ウ)の手続きによって各 θ (y_i) を求める。

(ア) ブック原稿表面を撮影した画像から、式(10)により、反射率の大きい地の部分の観測光強度 $I_w(y_i)$ を求める。

(イ) 手法1により、式(6)に示される条件を、 $i=0$ の時の結果として用い、逐次的に θ (y_i) を求める。

(ウ) 手法1によって求められた θ (y_i) のうち、 $G(\theta(y_i))$ の誤差が大きくなっている部分に対してのみ手法2の方法で、 θ (y_i) を再度求める。この時、初期値としては手法1の結果を用いる。

【0073】照明光強度の分布の決定および反射特定の決定

ブック原稿表面の断面形状の推定を行う前に、まず、式(11)および式(4)の中に存在する合計12個のパラメータを求めておかなければならない。このうち、式(4)の中のパラメータ(d_1 , d_2 , τ)については、スキャナの設計値を用いる。残りのパラメータ(α , β , γ , Δ_1 , Δ_2 , σ , n , ω_1 , ω_2)については、既知の角度だけ傾けた無地の紙の斜面をスキャナで撮影し、得られた画像から I_w を求め、非線形最小二乗法を適用することにより、パラメータの推定を行った。その結果、各パラメータの推定値は次のようになった。

【0074】

$$\alpha = 618.1, \quad \beta = 772.9, \quad \gamma = -216.9$$

$$\Delta_1 = -2.463, \quad \Delta_2 = -1.966$$

$$\sigma = 0.771, \quad n = 1.0$$

$$\omega_1 = 0.0 [\text{度}], \quad \omega_2 = 63.0 [\text{度}]$$

(以下、設計値)

$$d_1 = 11 [\text{mm}], \quad d_2 = 16 [\text{mm}], \quad \tau = 7 [\text{mm}]$$

【0075】この結果、距離 d によって減衰するブック原稿表面での照明光強度 $I_s(d)$ は、図6に示すようになった。また、ブック原稿表面における推定された反射特性を図7に示す。なお、この図は、 $\theta = 30$ 度の場合である。また、図中の701がブック原稿表面を示す。

【0076】また、式(8)で示される θ , d に対する $f(\theta, d)$ のグラフを図8に示す。このグラフから、 θ の値が0から徐々に大きくなるにつれて、一旦 $f(\theta, d)$ の値が僅かに増加し、再び減少していく傾向

があることが分かる。これは、完全拡散成分は $\theta = \phi$ (d) のとき、正反射成分は $\theta = \phi(d)/2$ のとき最大値をとるので、 $f(\theta, d)$ の最大値は $\phi(d)/2 < \theta < \phi(d)$ に存在することからも明らかである。このように $f(\theta, d)$ が一旦増加する傾向は、 d の値が0付近で特に強い。また、 d を一定にした時の $f(\theta, d)$ の断面形状は、ブック原稿表面上での正反射成分が無い場合には、式(1)と同様の \cos カーブになるが、図8の場合は、正反射成分の影響で \cos カーブとは異なる形状になっていることが分かる。

【0077】本実施例の動作

以上の構成において、その動作を説明する。ブック原稿をコンタクトガラス上に載置し、操作部115を介してブック原稿の読み取り(以下、ブックモードと記載する)を指定する。このとき、ブック原稿は、図5に示したように断面形状が一定となるように載置する。

【0078】操作部115上の所定のスタートキーが押下されると、CPU108は、CCD駆動部102、蛍光灯ドライバ111、モータドライバ113を制御して画像データの読み取りを開始する。CCD101で読み取られた画像データは、画像処理部103で、増幅処理、A/D変換処理、シェーディング補正処理、2値化処理等の画像処理を施された後、スキャンバッファ104に記憶される。

【0079】画像補正部106の反射率分布演算部201は、スキャンバッファ104から画像データを読み出し、画像データの各ライン毎の最大輝度値に基づいて、原稿面の反射率分布を求める。このとき、ブック原稿の平坦な面の白地の反射率を基準値として、各ライン毎の最大輝度値の反射率が白地の基準値と同一(一定)であるとして処理することにより、反射率分布を決定する。

【0080】3次元形状推定部202は、スキャンバッファ104から画像データを読み出し、反射率分布演算部201で求めた反射率分布および照明光強度テーブル111aの照明光強度を用いて、原稿の3次元形状を推定する。換言すれば、ブック原稿の断面形状の推定を行うわけである。このとき、3次元形状推定部202は、形状推定アルゴリズムで示した方法で原稿の断面形状を求める。式(4)および式(11)の中に存在する12個のパラメータの値として前述した推定値および設定値を使用する。

【0081】歪み補正部203は、3次元形状推定部202で推定した3次元形状(原稿の傾き θ)に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの幾何学的な歪みを補正する。具体的は、図9に示すように、3次元形状推定部202で推定した原稿の傾き θ 、読み取った画像データの1画素分の長さを a とし、 $A = a \times 1 / \cos \theta$ (但し、 A : 補正後データ) の式に基づいて y 軸方向の歪みの補正を行う。すなわち、図9のブック原稿表面1201の傾きにより生じる

幾何学的歪みの補正画像のy軸方向に関しては、傾いた表面が平行投影されているため、表面上のパターンが縮小されて撮影されている。その縮小比は $\cos \theta$ である。したがって、各画素をy軸方向に $1 / \cos \theta$ 画素分引き延ばすことにより、歪むを補正することができる。

【0082】また、歪み補正部203は、透視投影により生じる幾何学的歪みの補正を以下の方法で行う。ブック原稿表面上の3次元座標 $(x_o, y_i, d(y_i))$ の点は、透視投影によって、 $x-y$ 平面上の (x_o, y_i) に投影される。ここで、関数 x_o は、次のように定義される。

【0083】

【数17】

$$x_o(x, y) = \frac{F \cdot x}{F + d(y_i)}$$

$$\bar{I}(x, y_i) = \frac{I(x, y_i)}{I \omega(y_i)} \rho \omega I_s(0) f(0, 0)$$

【0086】幾何学的な歪みの補正および陰影除去がなされた画像データは、I/Fコントローラ107を介して外部装置へ出力される。

【0087】図10(a)は、従来のスキャナにおいてブック原稿を読み取り、プロッタで出力した例を示す。図10(b)は本実施例のスキャナでブック原稿を読み取り、同様にプロッタで出力した例を示す。図から明らかなように、本実施例によれば、原稿の傾きによる画像データの歪みの補正および陰影の除去を行うことができる。

【0088】なお、本実施例では、スキャンバッファ104に画像データを記憶したが、メモリを持たない構成の場合には、反射率分布演算部201へプレスキャンによって画像データを取り込み、他の処理部に先行した原稿面の反射率分布を求めるようにしても良い。

【0089】また、ブックモードの時のみ画像補正部106の動作実行するようにし、通常のシート原稿の場合には、スキャンバッファ104からI/Fコントローラ107へ直接画像データを送るようにすると良い。

【0090】

【発明の効果】以上説明したように本発明の画像データの補正方法および画像読取装置は、画像データから原稿の3次元形状を推定し、推定した3次元形状に基づいて、原稿面の傾きによって生じる幾何学的な歪みの補正あるいは／および陰影を除去するため、画像データ中に含まれる3次元の情報の影響に対して補正処理を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例のスキャナの構成を示す説明図である。

*【0084】ここで、Fはレンズの焦点から走査面までの距離を表している(図5参照)。補正は、透視投影での投影点を平行投影での投影点に移動させる変換を行えば良い。したがって、関数 x_o の逆関数を用いることで補正を行う。

【0085】陰影除去部204は、3次元形状推定部202で推定した3次元形状(原稿の傾き θ)に基づいて、原稿面の傾きによって生じる画像データの陰影を除去する。原稿面の傾きによって、照明光の減衰等の影響もでる。本実施例では、次式に示されるように、各 y_i における反射率の大きい値の部分の照明光強度に対する各画素の照明光強度の比に、 $\theta = 0$ ($d = 0$) の時の地の部分の照明光強度を乗じることで陰影を除去する。バー $I(x, y_i)$ が補正後の値となる。

【数18】

※【図2】画像補正部の構成を示す説明図である。

【図3】本実施例のスキャナの光学系の構成を示す説明図である。

【図4】スキャナの光源方向および照明光強度の定義を示す説明図である。

【図5】ブック原稿の断面形状を示すための説明図である。

【図6】距離 d によって減衰するブック原稿表面での照明光強度 $I_s(d)$ を示す説明図である。

【図7】ブック原稿表面の反射特性を示す説明図である。

【図8】 θ , d に対する反射特性を示すグラフである。

【図9】歪みの補正を示す説明図である。

【図10】同図(a)は従来の画像データをプロッタで出力した例、同図(b)は本実施例の補正を行った画像データをプロッタで出力した例である。

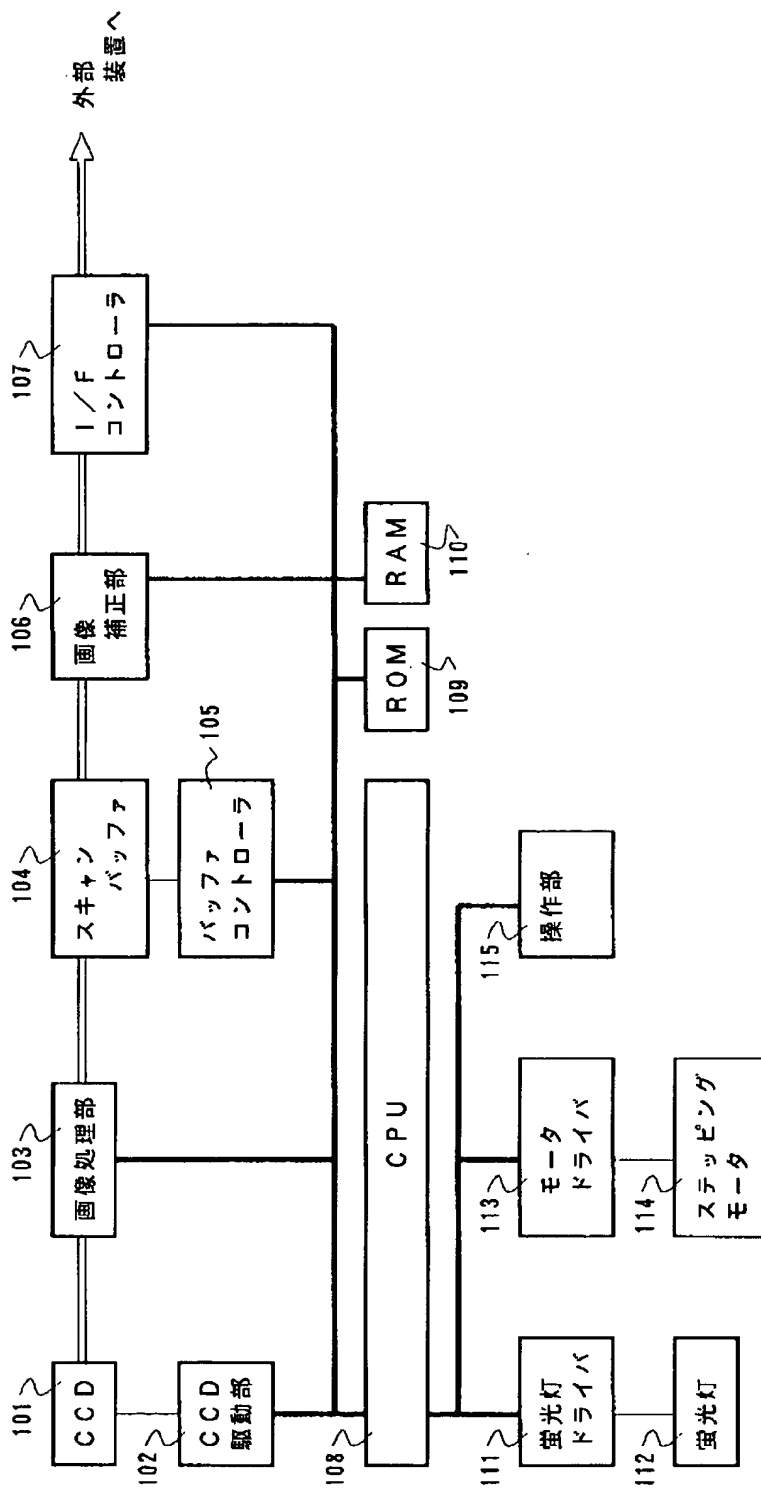
【図11】ブック原稿の綴じめの部分の原稿面がコンタクトガラスから浮き上がった状態を示す説明図である。

【符号の説明】

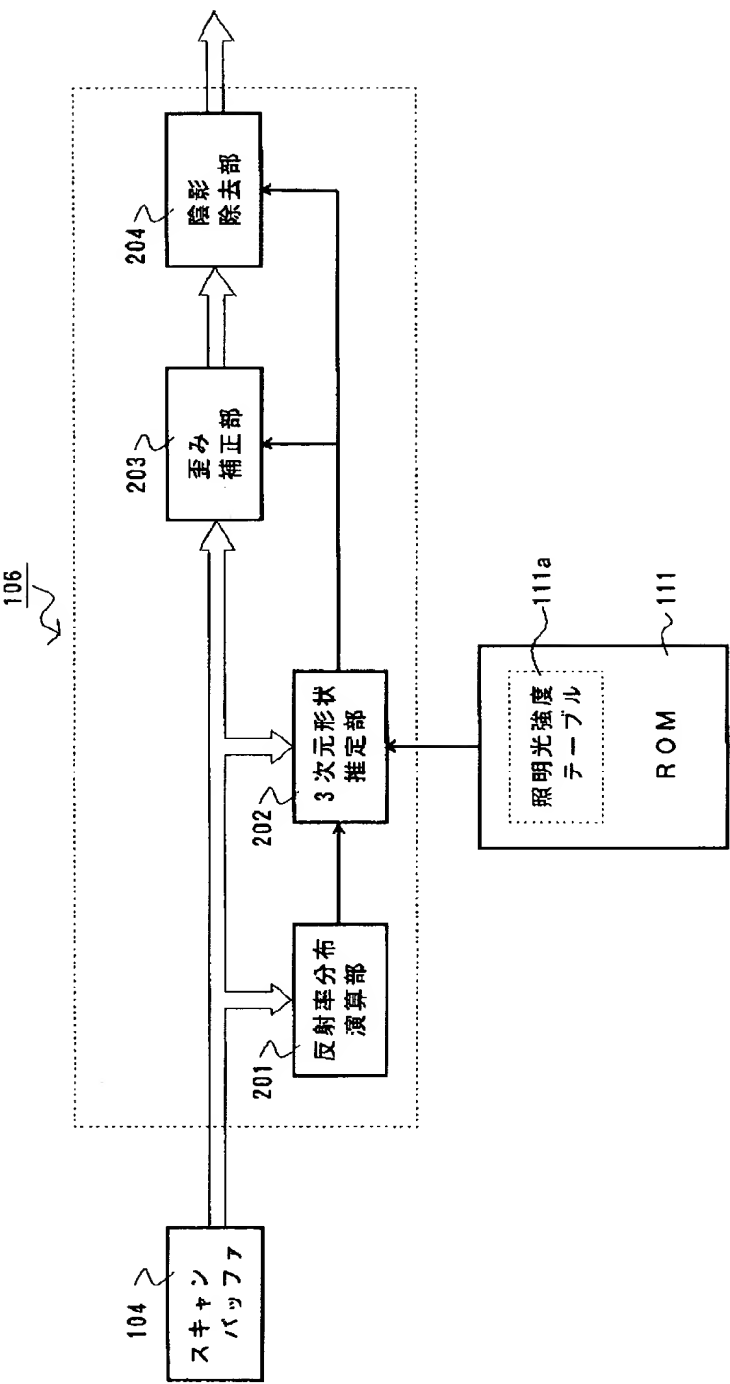
101	CCD	106	画像補正部
108	CPU	111	ROM
111a	照明光強度テーブル	112	蛍光灯(光源)
201	反射率分布演算部	202	3次元形状推定部
203	歪み補正部	204	陰影除去部

※

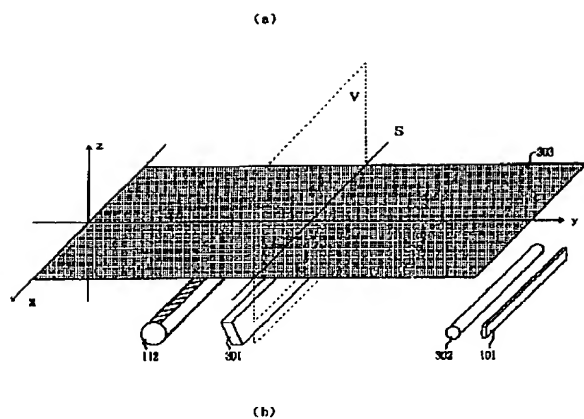
【図1】



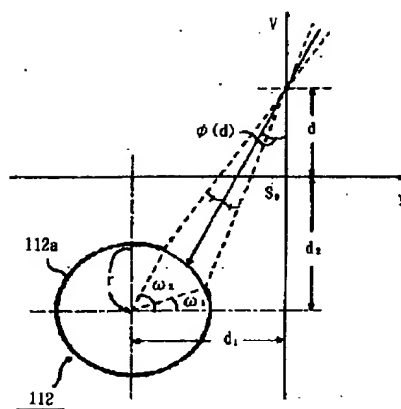
【図2】



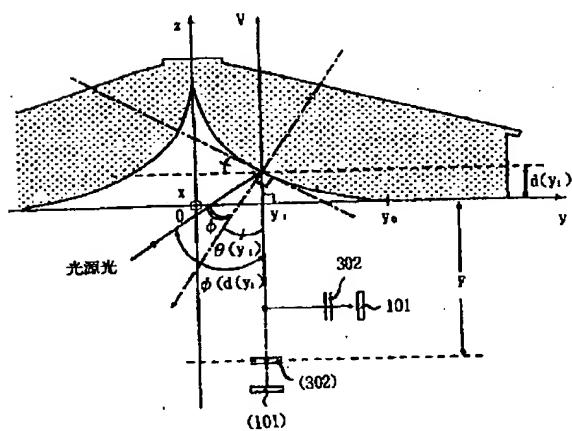
【図3】



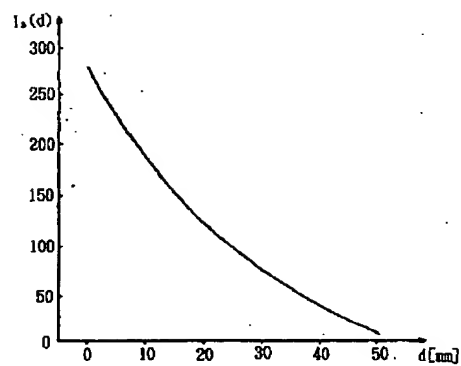
【図4】



【図5】

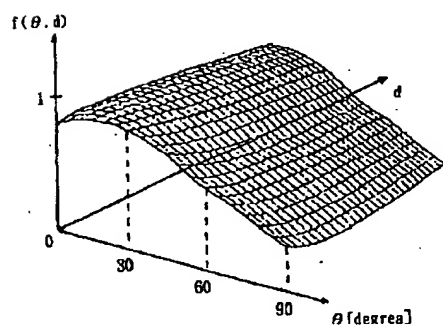


【図6】

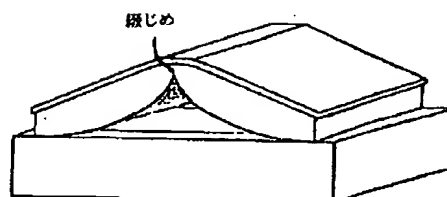


I_s(d)の分布

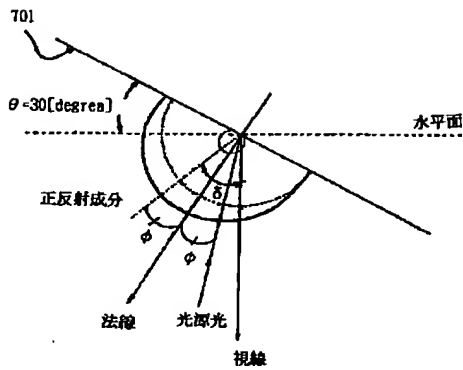
【図8】



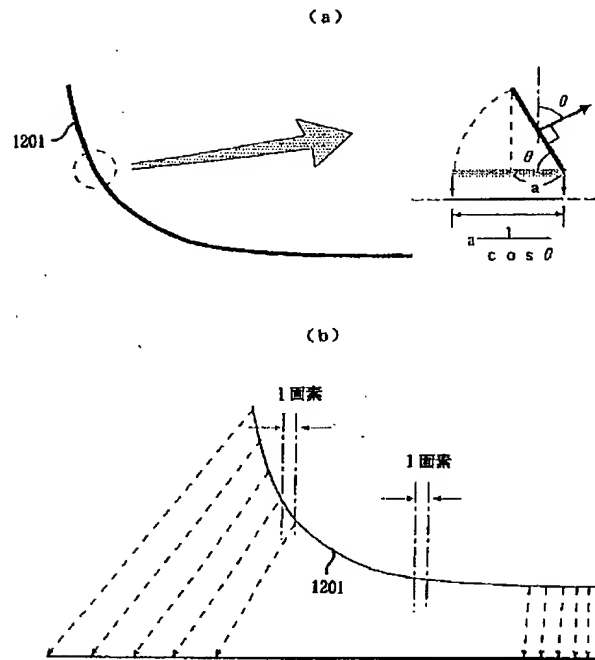
【図11】



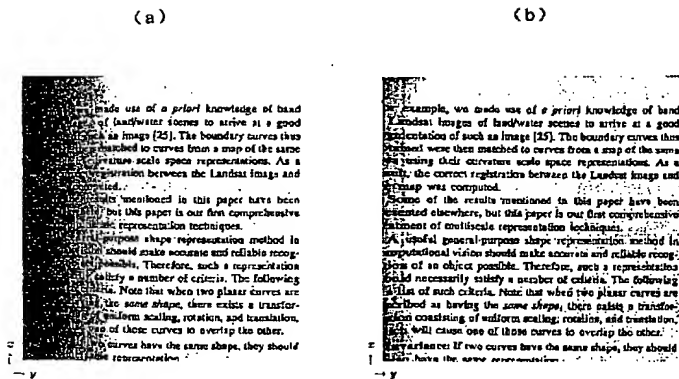
【図 7】



【図 9】



【図 10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.